

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta Strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Univerzální zařízení pro aplikaci lokální hypotermie na oblasti kloubů
Universal Device for Local Hypothermia Application on Areas of Joint's

Student:

Bc. Lukáš Janíček

Vedoucí práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Janíček**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: **Univerzální zařízení pro aplikaci lokální hypotermie na oblasti kloubů**
Universal Device for Local Hypothermia Application on Areas of Joint's
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Pro potřebu uplatnění léčebného chlazení v oblasti kolenního kloubu navrhnete zařízení dle PV 2016-780 a UV 30703.

Proveďte :

Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – upřesnění zadání, seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura.

3D model konstrukčního návrhu zařízení.

Výrobní výkresovou dokumentaci zařízení.

Rozsah výtahu z rešerše z Diplomového projektu v textové části práce cca 5 str., rozsah výkresové části min. 2A0.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory.*

Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.*

Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka.*

Zürich: Heurista, 1995, 105s. ISBN 80-90 1135-0-8

Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.

FS_SME_05_003 verze: G

LITERÁRNÍ REŠERŽE – zpracovaná v rámci Diplomového projektu.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

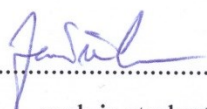


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

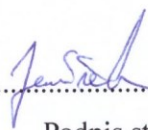
V Ostravě 21. 5. 2018


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu,
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo,
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2018


.....
Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Lukáš Janíček

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Lípa 176, Želechovice nad Dřevnicí, 763 11

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

JANÍČEK, LUKÁŠ. *Univerzální zařízení pro aplikaci lokální hypotermie na oblasti kloubů*. Ostrava, 2018. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 92s. Vedoucí práce Ing. Noga Zdeněk, CSc.

Obsahem diplomové práce je návrh chladicího zařízení pro léčebné účely v pooperačním procesu zejména kolenního kloubu. Na rešeršní část – State of the Art, ve které je uveden význam chlazení a dosavadní způsoby chlazení navazuje metodický postup návrhu zařízení – upřesnění zadání, stanovení požadavků, funkční struktura, morfologická matice, hrubá a čistá stavební struktura pro chladicí bandáž a řídicí box. Čistá stavební struktura obsahuje 3D návrh zařízení sloužící pro výrobu prototypu, na kterém je provedeno kontrolní měření.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

JANÍČEK, LUKÁŠ. *Universal Device for Local Hypothermia Application on Areas of Joint's*. Ostrava, 2018. Master thesis. VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 92p. Thesis head: Ing. Noga Zdeněk, CSc.

The content of the master thesis is the design of a cooling device for medical purposes in the postoperative process, especially the knee joint. To the search section – State of the Art which explains the importance of cooling and the existing methods of cooling follows the methodical process of the device design – specification assignment, determination of requirements, functional structure, morphological matrix, gross and clean building structure for a cooling bandage and a control box. The clean building structure includes a 3D device design, for the production of a prototype, on which is made a control measurement.

Obsah

Seznam použitých značek	9
Úvod	13
1. State of the Art.....	14
1.1. Léčba chladem	14
1.2. Používané způsoby chlazení	15
1.3. Zhodnocení řešerše	17
2. Upřesnění zadání	18
3. Blokové schéma technického procesu.....	19
3.1. Návrh chladicí bandáže	20
3.1.1. Seznam požadavků.....	21
3.1.2. Seznam funkcí.....	22
3.1.3. Morfologická matice	26
3.1.4. Orgánová struktura.....	27
3.1.5. Orgánová struktura – výběr varianty.....	28
3.2. Návrh řídicího boxu.....	29
3.2.1. Seznam požadavků.....	29
3.2.2. Seznam funkcí.....	31
3.2.3. Morfologická matice	34
3.2.4. Orgánová struktura.....	35
3.2.5. Orgánová struktura – výběr varianty.....	36
3.2.6. Zobrazení montované konstrukce	37
4. Celková hrubá stavební struktura	40
4.1. Chladicí bandáž.....	40
4.1.1. Volba Peltierova článku	40
4.1.2. Volba chladiče Peltierova článku.....	44
4.1.3. Chladicí prvek	45
4.1.4. Hadice, fitinky a spojovací prvky chladicího okruhu bandáže	46

4.1.5.	Návrh chladicího okruhu bandáže.....	47
4.1.6.	Bandáž.....	48
4.2.	Řídicí box.....	49
4.2.1.	Řídicí panel	49
4.2.2.	Konektory pro napojení bandáže	50
4.2.3.	Hydraulický okruh	51
4.2.4.	Zdroj.....	66
5.	Čistá stavební struktura	67
6.	Výroba a montáž.....	70
6.1.	Chladicí bandáž.....	70
6.2.	Řídicí box.....	73
7.	Použití prototypu chladicího zařízení	75
8.	Technické parametry chladicího zařízení	76
9.	Kontrolní měření	77
9.1.	Vliv tepelně vodivé pasty na funkčnost zařízení	78
9.2.	Průběh vychlazování zařízení na minimální hodnotu.....	79
9.3.	Vychlazení zařízení na vzduchu a následné přiložení na kloub	80
9.4.	Regulace teploty chladicího zařízení	81
9.5.	Teplotní snímky chladicího zařízení.....	82
10.	Závěr.....	83
	Poděkování.....	84
	Seznam použité literatury.....	85
	Seznam obrázků	88
	Seznam tabulek	90
	Seznam příloh.....	91

Seznam použitých značek

c_p	Měrná tepelná kapacita	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
$c_{p_{Al}}$	Měrná tepelná kapacita hliníku	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
$c_{p_{H_2O}}$	Měrná tepelná kapacita vody	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
d	Vnitřní průměr potrubí	$[m]$
d_8	Vnitřní průměr hadice 8/10mm	$[m]$
d_{10}	Vnitřní průměr hadice 10/13mm	$[m]$
l	Délka potrubí	$[m]$
l_8	Délka potrubí 8/10mm	$[m]$
l_{10}	Délka potrubí 10/13mm	$[m]$
m	Hmotnost	$[kg]$
m_{H_2O}	Hmotnost vody	$[kg]$
$h_{H_2O_{okr}}$	Výtlačná výška vodního sloupce hydraulického obvodu	$[m]$
p_z	Celková tlaková ztráta	$[Pa]$
p_{zm}	Místní tlaková ztráta	$[Pa]$
p_{zm1}	Místní tlaková ztráta pro rozšíření z 8 na 10 mm	$[Pa]$
p_{zm2}	Místní tlaková ztráta pro zúžení z 10 na 8 mm	$[Pa]$
p_{zmCh}	Tlaková ztráta chladiče Peltierova článku	$[Pa]$
p_{zmFi}	Místní tlaková ztráta fitinek hydraulického obvodu	$[Pa]$
p_{zmRych}	Tlaková ztráta bezodkapové rychlospojky	$[Pa]$
p_{zt}	Tlaková ztráta třením	$[Pa]$

p_{zt8}	Tlaková ztráta třením pro hadici 8/10mm	[Pa]
p_{zt10}	Tlaková ztráta třením pro hadici 10/13mm	[Pa]
I_p	Pracovní proud Peltierova článku	[A]
$P_{c_{max}}$	Max. množství odváděného tepla Peltierovým článkem	[W]
$P_{c_{min}}$	Minimální hodnota chladicího výkonu pro splnění požadavků na tepelnou zátěž článku	[W]
P_{chl}	Výkon chladiče	[W]
P_{el}	Elektrický výkon Peltierova článku	[W]
Re	Reynoldsovo číslo	[–]
Re_8	Reynoldsovo číslo pro hadici 8/10mm	[–]
Re_{10}	Reynoldsovo číslo pro hadici 10/13mm	[–]
S	Plocha	[m ²]
S_{kol}	Plocha kolene	[m ²]
T_{st}	Teplota studené strany Peltierova článku	[K]
T_{tep}	Teplota teplé strany Peltierova článku	[K]
T_{kon}	Maximální teplota vody	[K]
$T_{poč}$	Počáteční teplota vody	[K]
U_p	Pracovní napětí Peltierova článku	[V]
V_{H_2O}	Objem vody	[m ³]
ΔT	Teplotní rozdíl studené a teplé strany Peltierova článku	[K]
ΔT_{max}	Maximální teplotní rozdíl Peltierova článku udávaný výrobcem	[K]
v	Rychlost proudění kapaliny	[m · s ⁻¹]

v_1	Rychlost kapaliny v hadici 10/13mm	$[m \cdot s^{-1}]$
v_2	Rychlost kapaliny v hadici 8/10mm	$[m \cdot s^{-1}]$
Q	Průtok kapaliny	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q_8	Průtok hadicí o průměru 8mm	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q_{10}	Průtok hadicí o průměru 10mm	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
ΔT_{celk}	Rozdíl počáteční a koncové teploty	$[K]$
λ_{Al}	Součinitel tepelné vodivosti hliníku	$[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
λ_T	Součinitel tření	$[-]$
λ_{T8}	Součinitel tření pro hadici 8/10mm	$[-]$
λ_{T10}	Součinitel tření pro hadici 10/13mm	$[-]$
ν	Kinematická viskozita	$[m^2 \cdot s^{-1}]$
ν_{H_2O}	Kinematická viskozita vody	$[m^2 \cdot s^{-1}]$
ξ	Ztrátový součinitel místních ztrát	$[-]$
ξ_1	Ztrátový součinitel místních ztrát pro rozšíření 8/10mm	$[-]$
ξ_2	Ztrátový součinitel místních ztrát pro zúžení 10/8mm	$[-]$
ρ	Hustota	$[kg \cdot m^{-3}]$
ρ_{Al}	Hustota hliníku	$[kg \cdot m^{-3}]$
ρ_{H_2O}	Hustota vody	$[kg \cdot m^{-3}]$
τ	Čas	$[s]$
τ_{pro}	Doba provozu chladicího zařízení	$[s]$
Φ	Tepelný výkon soustavy	$[W]$
Φ_{celk}	Celkový tepelný výkon pro odebrání vodními chladiči	$[W]$

Φ_{ζ}	Tepelný výkon člověka	[W]
Φ_{H_2O}	Množství tepla odváděného proudící kapalinou	[W]
Φ_k	Tepelný výkon kolene	[W]
Φ_p	Tepelný výkon lidského kolene pro jeden Peltierův článek	[W]
Φ_{st}	Teplené zatížení studené strany Peltierova článku	[W]
ϕ_{ζ}	Hustota tepelného toku člověka	[W · m ⁻²]

Úvod

Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci, a práci vykonané na vývoji chladicího zařízení s podporou agentury TAČR - program GAMMA, jehož výstupem bylo podání přihlášky PV2016-780, a udělení UV č. 30703 - Univerzální zařízení pro aplikaci lokální hypotermie na oblasti kloubů. Po rešeršní části byl metodicky rozpracován návrh a byla vytvořena čistá stavební struktura s výkresovou dokumentací, na jejím základě byly objednány polotovary a sestaven prototyp zařízení, na němž byla ověřena funkčnost a kontrolní měření chladicího zařízení.

1. State of the Art

1.1.Léčba chladem

Při léčbě chladem se z těla odebírá teplo, tento způsob terapie je znám již z lidového léčitelství příkládáním studených zábalů pro snížení horečky, zmírnění bolesti při výronech, otocích, apod. Ošetření chladem je výborným prostředkem hlavně při zraněních, jako je pohmoždění, natržení nebo natažení svalu, podvrtnutí nebo zlomenině kosti. [2]

Poškození tkáně má jeden výsledek - zánět. Je to velice složitý proces, během něhož se do tkáně dostávají různé chemické látky jak z krve, tak z poškozených a rozpadlých buněk.

Cévy se rozšíří (vazodilatace) a proudí jimi velké množství "horké" krve, z ní a z poškozených buněk se do prostoru dostávají tzv. chemické mediátory zánětu (cytokiny) a různé jiné metabolity a postižené místo a jeho okolí oteče, zčervená, hřeje a bolí. Pokud počínající zánět ihned dostatečně ochladíme, způsobíme zúžení cév (vazokonstrikci), takže omezíme přísun krve do postiženého místa a otok vůbec nevznikne.

Kromě vazokonstrikce chlad také zpomaluje metabolismus (látkovou přeměnu) buněk, takže se netvoří chemické látky, které dále poškozují tkáně a způsobují bolest. Poraněné místo přestane hřát. Bude-li však působit chlad na určité místo příliš dlouho, cévy se opět reflexně rozšíří a zvýší se proudění krve (organismus se tak brání podchlazení nebo omrznutí). [3]

1.2. Používané způsoby chlazení

- Ledové obklady

Jedná se o nejjednodušší způsob chlazení. Pro ledování postižené oblasti se používá v domácím prostředí nejčastěji balíček s mraženou zeleninou, v případě nemocničních a rehabilitačních prostředí se používají sáčky se zmraženou vodou nebo gelové obklady, které mohou sloužit pro chlazení, ale při nahřátí sáčku i jako hřejivý obklad. Ledování sáčkem může být drženo na kolenním kloubu např. ve speciálně upravené bandáži.



Obrázek 1: Ledové obklady [4]

- Artic sun

Artic Sun ® Therapeutic Temperature Management System je pokročilý intuitivně ovládaný systém určený k terapeutickému řízení a monitorování teploty pacienta při terapeutické hypotermii. Skládá se z přilnavých gelových padů a přístrojové konzole. Gelové pady jsou složeny z 3 vrstev, ve kterých proudí tekutina. Řízení teploty pacienta probíhá přes jeho kůži. [5]



Obrázek 2: chladicí systém artic sun ® [6]

- ELECTRI COOL II

Lehký a kompaktní přístroj pro řízenou lokalizovanou chladovou terapii s využitím cirkulace chladicí vody. ElectriCool II se účinně používá k léčbě chirurgických řezů i ran a zánětů způsobených traumatickým poraněním. Systém má tři úrovně nastavené teploty, automatický alarm nízké hladiny vody, snadné připojení a odpojení chladících podložek a stojan a závěs na postel pro úsporu místa. [7]



Obrázek 3: ELECTRI COOL II [7]

- HILOTHERM Clinic

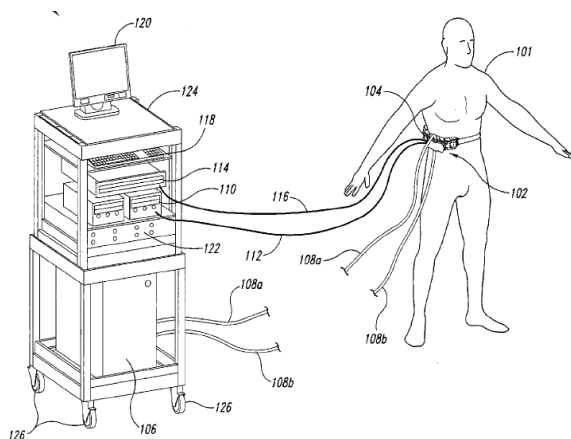
Vhodný přístroj pro použití lokálního chlazení v nemocnicích a na klinikách před i po operaci. Zařízení využívá cirkulace vody pro chlazení oblasti pomocí speciálních panelů vyrobených přímo na postiženou oblast chlazení. Dva chladící panely mohou být připojeny současně, čehož můžeme využít buď na dvě oblasti chlazení, nebo pro léčení dvou pacientů. Teplotní rozsah zařízení je od +10 do +35 °C. [8]



Obrázek 4: HILOTHERM Clinic [8]

- Patent US 20080077211A1 – Cooling device having a plurality of controllable cooling elements to provide a predetermined cooling profile

Zařízení obsahuje mnoho chladicích prvků, které se konstrukčně pohybují vzájemně vůči sobě tak, aby se přizpůsobily na kůži pacienta. Chladicí prvky mají mnoho regulovatelných termoelektrických chladičů a mohou být řízeny tak, aby poskytovaly časově proměnný chladicí profil, udržovaly konstantní teplotu nebo jejich kombinaci. [9]



Obrázek 5: zařízení pro chlazení tkáně na principu termoelektrických článků [9]

1.3. Zhodnocení řešerše

Z výše uvedených podkladů vyplývá, že klasické ledování jak chladicími sáčky, tak i chladicí gely je nahrazováno daleko složitějšími a efektivnějšími zařízeními, které se vyrábějí jak pro použití v nemocnicích, tak i pro domácí potřeby. Většina z nich pracuje na cirkulaci studené vody k postižené oblasti a nejrůznějšími panely se dají aplikovat na dnes už všechny části lidského těla od hlavy až po chodidla. Tato zařízení jsou však velice nákladná a obvykle dosti rozměrná a těžká. Na trhu se začínají objevovat chladicí zařízení s využitím Peltierových článků.

Rozpracování návrhu dle PV2016-780 a UV č. 30703 - léčebné zařízení pro chlazení oblasti kolenního kloubu [1] v diplomové práci odpovídá vývojovému trendu návrhu léčebného zařízení v dané oblasti.

2. Upřesnění zadání

Návrh na výrobu prototypu zařízení vychází z PV2016-780, a UV č. 30703. Zadání bylo konzultováno s ortopedickým lékařem a zdravotní sestrou. Z těchto konzultací vyplývají i některé níže uvedené požadavky. Metodický návrh je rozdělen na dvě hlavní části, část chladicí bandáže a řídicího boxu.

Upřesnění zadání:

- Univerzální chladicí zařízení na oblast kloubů
- Nemocniční zařízení
- Pooperační použití
- Snadná manipulace
- Snadná ovladatelnost
- Možnost regulace teploty
- Zdravotní nezávadnost, možnost desinfekce
- Splnění bezpečnostních požadavků

3. Blokové schéma technického procesu

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.1. Návrh chladicí bandáže

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.1.1. Seznam požadavků

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.1.2. Seznam funkcí

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Funkční struktura:

Funkční struktura poukazuje na závislosti a propojení jednotlivých funkcí v technickém systému, včetně vstupujících energií a jeho funkční závislost na člověku. Zobrazuje ji schéma na obrázku číslo 8. Hierarchický funkční strom na obrázku číslo 9 zobrazuje priority funkcí v technickém procesu.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Obrázek 6: Funkční struktura chladicí bandáže [10]

Hierarchický funkční strom

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.1.3. Morfologická matice

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.1.4. Orgánová struktura

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.1.5. Orgánová struktura – výběr varianty

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.2.Návrh řídicího boxu

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.2.1. Seznam požadavků

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.2.2. Seznam funkcí

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Funkční struktura:

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Hierarchický funkční strom

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.2.3. Morfologická matice

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.2.4. Orgánová struktura

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.2.5. Orgánová struktura – výběr varianty

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

3.2.6. Zobrazení montované konstrukce

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Zobrazení č. 1:



Obrázek 7: návrh montované konstrukce č. 1

- Zobrazení č. 2:



Obrázek 8: návrh montované konstrukce č. 2

- Zobrazení č. 3:



Obrázek 9: návrh montované konstrukce č. 3

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

4. Celková hrubá stavební struktura

4.1. Chladicí bandáž

4.1.1. Volba Peltierova článku

Popis:

Peltierův článek funguje na základě Peltierova jevu. Když prochází proud obvodem se dvěma rozdílnými vodiči zapojenými v sérii, jedna z jejich styčných ploch se ochlazuje a druhá zahřívá. Tyto články se běžně používají např. v termoelektrických autochladničkách. Článek pracuje jako tepelné čerpadlo (TEC - thermoelectric cooler), na chladné straně odebírá teplo a na teplé straně teplo opět vydává. [10]

Peltierovy články pro běžné použití se vyrábějí v různých velikostech a o různých chladicích parametrech. Rozměry destiček jsou 10x10 až 60x60 mm, tloušťka celého článku je asi 3 až 6 mm. Maximální chladicí výkon se pohybuje od desetiny wattu až po stovky wattů. Maximální rozdíl teplot může dosahovat 60 až 75 °C. Ceny začínají na několika stovkách korun. [10]

Kontrola Peltierova článku

- Tepelný výkon člověka

Tepelný výkon člověka určím z tabulky pro hodnoty metabolismu pro různé aktivity. Otok po operaci lze přirovnat k velmi těžké práci. [1]

Tabulka 1: Hodnoty metabolismu [12]

činnost	$\Phi_{\check{c}}$ [W]	$\phi_{\check{c}}$ [W.m ⁻²]
spaní	70	40
odpočívání, ležení na posteli	8	46
sezení, odpočívání	100	58
stání, práce v sedě	120	70
velmi lehká práce (učitel, vaření)	160	93
lehká práce (domácí práce, práce s přístroji)	200	116
středně těžká práce (tanec)	300	175
těžká práce (tenis)	600	350
Velmi těžká práce (squash, práce v hutích)	700	410

Z tabulky přepočtu tepelný výkon člověka na kolenní kloub. [1]

Tepelný výkon člověka: $\Phi_{\check{c}} = 700 \text{ W}$

Hustota tepelného toku člověka: $\phi_{\check{c}} = 410 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Plocha kolene: $S_{kol} = 0,052 \text{ m}^2$

Tepelný výkon lidského kolene:

$$\Phi_k = \phi_{\check{c}} \cdot S_{kol} = 410 \cdot 0,052 = 21,32 \text{ W} \quad (1)$$

4.1.2. Volba chladiče Peltierova článku

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

4.1.3. Chladicí prvek

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

4.1.4. Hadice, fitinky a spojovací prvky chladicího okruhu bandáže

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

4.1.5. Návrh chladicího okruhu bandáže

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

4.1.6. Bandáž

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

4.2.Řídicí box

V kapitole 3.2.3 je proveden návrh a výběr varianty řídicího boxu. V následující kapitole jsou vybrány řídicí komponenty včetně jejich uspořádání.

4.2.1. Řídicí panel

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.



Obrázek 10: návrh umístění řídicího panelu

4.2.2. Konektory pro napojení bandáže

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.



Obrázek 11: Návrh rozmístění konektorů na řídícím boxu

4.2.3. Hydraulický okruh

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

4.2.4. Zdroj

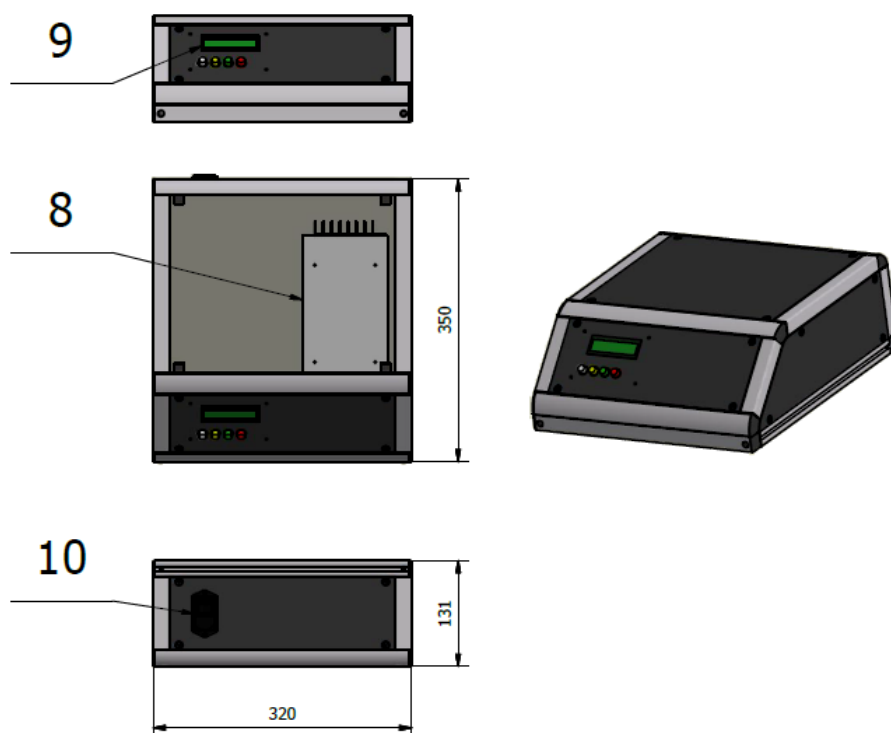
Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

5. Čistá stavební struktura

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti



Obrázek 12: 3D návrh řídicího boxu-horní část



Obrázek 13: 3D návrh řídicího boxu

6. Výroba a montáž

6.1. Chladicí bandáž

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

6.2.Řídicí box

Podle navrženého 3D modelu a výkresové dokumentace (příloha JAN0456) řídicího boxu proběhla konzultace navržené konstrukce a následná objednávka s konstruktérem společnosti Haberkorn s.r.o.. Po dodávce smontované konstrukce jsem provedl úpravy pro fixaci vnitřních komponentů, které zahrnovaly vyvrtání děr pro kabely, konektory a zdroj. Fixaci nádrže s čerpadlem a radiátoru s ventilátory ve spodní části jsem zajistil šrouby skrze děrovaný plech na bocích boxu.



Obrázek 14: Porovnání 3D návrhu a hotového výrobku spodní části



Obrázek 15: Porovnání 3D návrhu a hotového výrobku horní části



Obrázek 16: Porovnání 3D návrhu a hotového výrobku řídicího boxu



Obrázek 17: Řídicí box – přední a zadní pohled



Obrázek 18: Řídicí box – pohled z boku

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

7. Použití prototypu chladicího zařízení

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

8. Technické parametry chladicího zařízení

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

9. Kontrolní měření

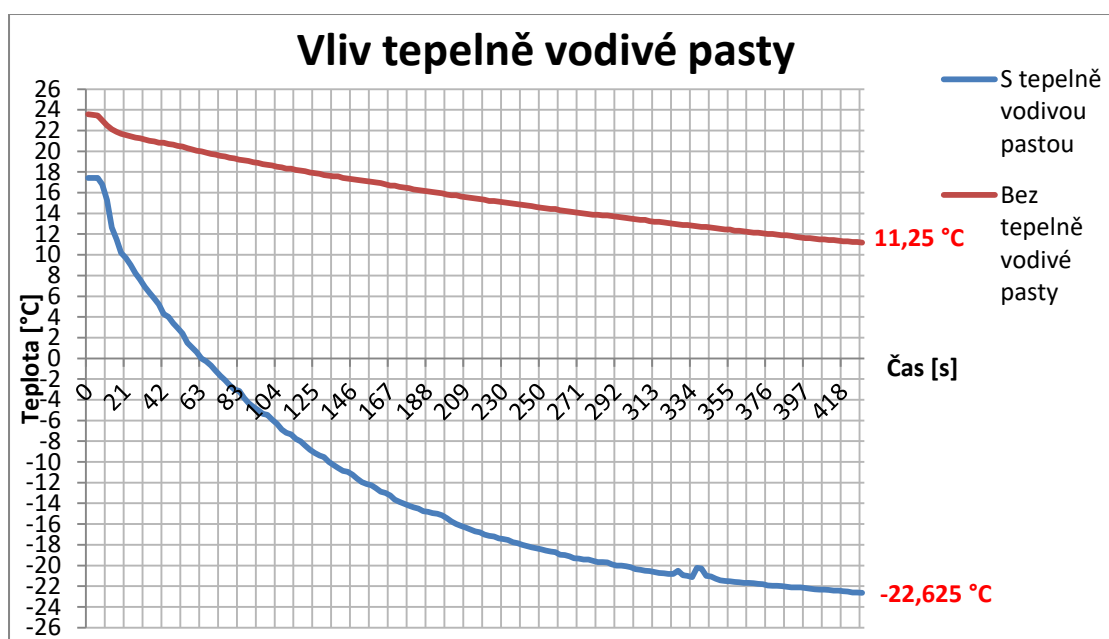
Pro ověření funkčnosti a zkoušení přístroje byla využita laboratoř katedry výrobních strojů. První zapnutí a nastavování proběhlo pod dohledem Ing. Václava Sládečka, Ph.D. z fakulty elektrotechniky a informatiky.

Po ověření funkčnosti proběhla řada měření, ve kterých se zaznamenaly hodnoty chladicí teploty zařízení, teploty vody a času. Průběhy měření jsou zobrazeny v grafech. Při testování byla pro vytvoření termosnímků použita termokamera Fluke. Grafy jsou v textu zobrazeny pouze informativně, podrobnější grafy ve větším měřítku jsou přiloženy v příloze A.

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

9.1. Vliv tepelně vodivé pasty na funkčnost zařízení

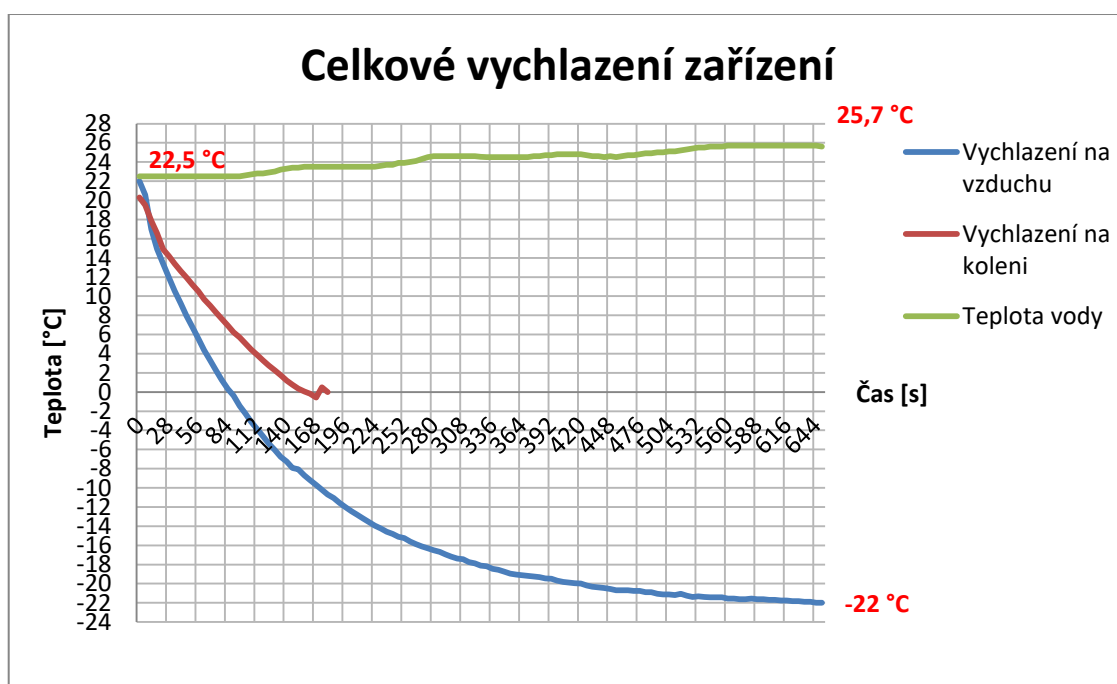
Na obrázku 59 je zobrazena nezbytnost použití tepelně vodivé pasty. Vlivem výrobních nepřesností dosedacích ploch Peltierova článku mezi nimi vznikají vzduchové mezery, které brání přestupu tepla, a zařízení se tak není schopno dostat na provozní teplotu. Zařízení je vychlazováno volně na vzduchu na maximální výkon, červená křivka zobrazuje zařízení bez tepelně vodivé pasty, z grafu lze odečíst minimální teplota 11,25 °C za cca 7 minut, kdežto modrá křivka zobrazující zařízení s tepelně vodivou pastou se na teplotu 11 °C dostala asi za 16 sekund. Minimální teplota chladičového prvku zařízení se tedy za dobu cca 7 minut dostala na -22,625 °C.



Obrázek 19: Graf znázorňující vliv tepelně vodivé pasty na vychlazení chladičového zařízení

9.2. Průběh vychlazování zařízení na minimální hodnotu

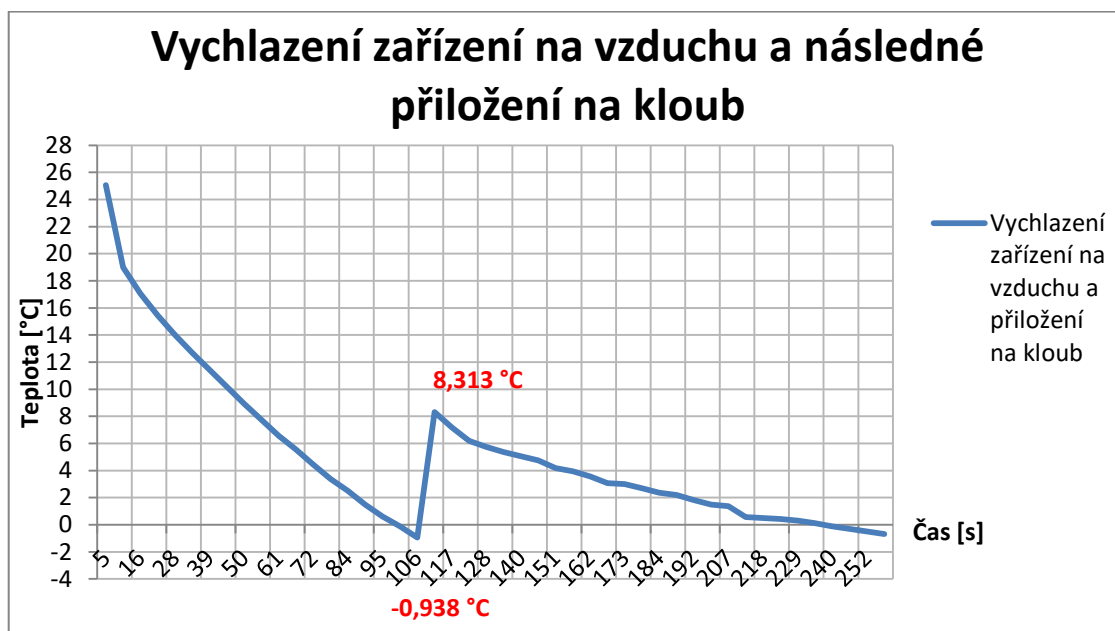
Na obrázku 60 je zobrazeno vychlazování zařízení na minimální teplotu. Modrá křivka představuje zařízení vychlazované volně na vzduchu, červená vychlazování zařízení fixovaného na kloubu. Zelená křivka zobrazuje teplotu chladicí vody Peltierova článku. Na grafu lze vidět zejména rozdíl v rychlosti vychlazení při dodávání tepla člověkem. Minimální teplota při měření kontaktu s tkání byla z bezpečnostních důvodů určena na hodnotu 0°C . zařízení vychlazované na vzduchu se dostalo na teplotu 0°C za 85 sekund, zařízení připevněné na kloubu se na tuto teplotu dostalo za 150 sekund. Teplota vody se při plném výkonu se za necelých 11 minut ohřála z $22,5^{\circ}\text{C}$ na $25,7^{\circ}\text{C}$.



Obrázek 20: Graf zobrazující průběh vychlazování zařízení na vzduchu a na kloubu

9.3. Vychlazení zařízení na vzduchu a následné přiložení na kloub

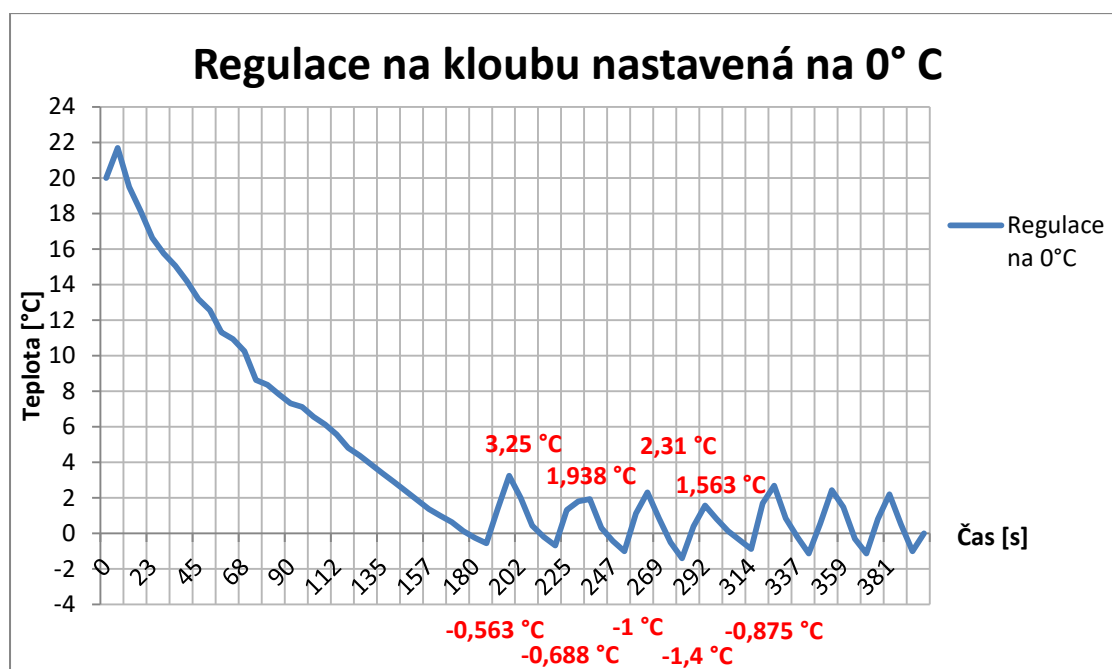
Graf na obrázku 61 zobrazuje vychlazení zařízení na vzduchu na teplotu 0 °C, následné přiložení na kloub a opětovné vychlazení na 0 °C. Na grafu vidíme vzrůst teploty po přiložení na tkáň a okamžité ochlazení tkáně. Vychlazení zařízení na vzduchu na 0 °C proběhlo za cca 95 sekund, po přiložení zařízení se teplota dostala zpět na 0 °C za cca 300 sekund. Z hlediska rychlosti vychlazení je tedy vhodnější vychlazovat zařízení již připevněné na kloubu.



Obrázek 21: Graf vychlazení zařízení na vzduchu na teplotu 0 °C, následné přiložení na kloub a opětovné vychlazení na 0°C

9.4. Regulace teploty chladičho zařízení

Graf na obrázku 62 zobrazuje vychlazení zařízení připevněného na kloubu a následnou regulaci nastavenou na 0 °C. Jelikož Peltierův článek pracuje systémem ON/OFF, lze na grafu vidět okamžité ohřívání chladičho prvku od lidské tkáně vlivem časové odezvy od teplotního čidla.

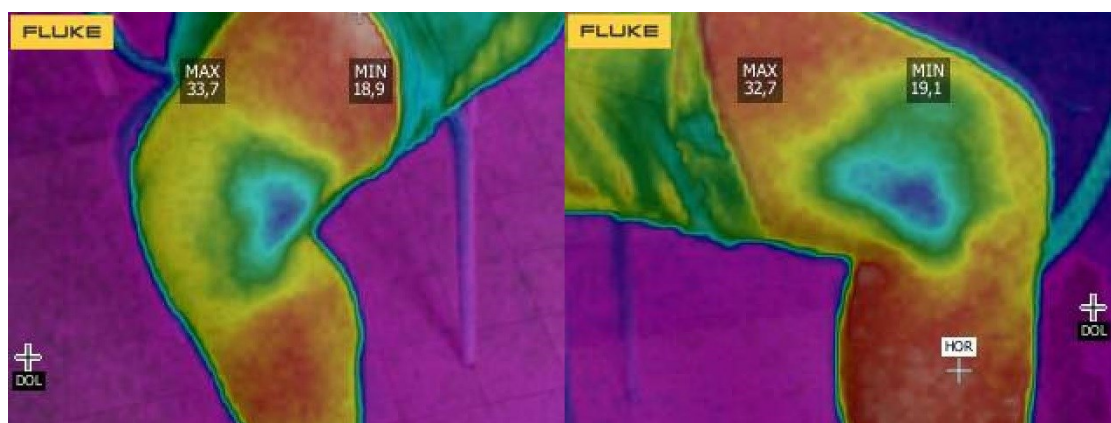


Obrázek 22: Graf zobrazující regulaci chladičho zařízení na teplotě 0 °C

9.5. Teplotní snímky chladicího zařízení

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Na obrázku číslo 64 je zobrazeno teplotní pole po použití chladicího zařízení na kolenním kloubu.



Obrázek 23: Teplotní snímky kolenního kloubu po použití chladicího zařízení (vlevo vnější strana, vpravo vnitřní)

10.Závěr

Diplomová práce řeší návrh, výrobu, montáž a funkční ověření prototypu chladicího zařízení, navrženého metodickým postupem dle PV2016-780 a užitného vzoru č. 30703 - Univerzální zařízení pro aplikaci lokální hypotermie na oblasti kloubů, který byl výstupem práce kolektivu, jehož jsem byl členem v letech 2015/2016, zhotovené s podporou programu TAČR-GAMMA PRESSED fond VŠB-Technické univerzity Ostrava TG01010137.

Zhotovený prototyp splnil zadaná kritéria a požadavky, prokázal svou funkčnost a představuje základ pro další vývoj zařízení, zejména v oblasti řízení, minimalizace rozměrů a hmotnosti zařízení.

Poděkování

Mé poděkování patří Ing. Zdeňku Nogovi, CSc. za cenné rady, trpělivost a ochotu při vedení mé diplomové práce, a Ing. Václavu Sládečkovi, Ph.D. za cenné rady, trpělivost a ochotu při návrhu a montáži prototypu zařízení k mé diplomové práci.

Seznam použité literatury

- [1] JANÍČEK, Lukáš. *Léčebné zařízení pro chlazení oblasti kolenního kloubu*. Ostrava, 2016. Bakalářská práce. VŠB-Technická univerzita Ostrava, katedra výrobních strojů a konstruování.
- [2] Jak na léčbu chladem. *jaktak.cz*. [online]. 22.4.2012 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <http://www.jaktak.cz/jak-na-lecbu-chladem.html?gclid=Cj0KEQjw75yxBRD78uqEnuG-5vcBEiQAQbaxSAILVUH1skzjVddlRfDh3dn9s-hs0dUxaBfwfPnMMfUaAow48P8HAQ>
- [3] EQUICHANNEL.cz: Léčba chladem [online]. EQUICHANNEL.cz, 1999 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://www.equichannel.cz/lecba-chladem>
- [4] McDavid chladicí bandáž 202T. In: *online-sport.cz* [online]. © Copyright online-sport.cz 2011. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://fitness.online-sport.cz/ochrana-zdravi-ortezu/chladici-bandaze/mcdavid-chladici-bandaz-202t>
- [5] ProMedicus s.r.o.: *Artic Sun ® Therapeutic Temperature Management Systém* [online]. Praha: ProMedicus, 2012 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://www.promedicus.cz/zamereni/terapeuticke-rizeni-a-monitoring-teploty-pacienta/>
- [6] AS5000 ManArcticGelPads. In: *medivance.com*. [online]. Copyright © 1997-2010 C. R. Bard, Inc., Murray Hill, New Jersey, USA. All rights reserved. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: http://www.medivance.com/images/Photos/AS5000_ManArcticGelPads.jpg
- [7] POLYMED medical CZ, a.s.: *ELECTRI COOL II* [online]. Hradec Králové: POLYMED medical CZ, 2018 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://www.polymed.eu/electri-cool-ii>
- [8] HILOTHERM: *HILOTHERM Clinic* [online]. Germany: Hilotherm, c2014 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://hilotherapie.de/index.php/en/applications/hilotherm-clinic/>
- [9] *Cooling device having a plurality of controllable cooling elements to provide a predetermined cooling profile*. 2008. United States. US20080077211A1 Patent. Uděleno Mar. 27,2008Sep. 26,2006. Zapsáno Sep. 26,2006.
- [10] Peltierův článek. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2018, 4. 10. 2017 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Peltier%C5%AFv_%C4%8Dl%C3%A1nek

[11]

[12] Tepelná pohoda a nepohoda. *www.tzb-info.cz*. [online]. 13.12.2000 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>

[13] Thermoelectric coolers intro the basics. *TEC Microsystems* [online]. Germany: TEC Microsystems, c2018 [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <http://www.tec-microsystems.com/faq/thermoelectric-coolers-intro.html>

[14] Thermal Design Power. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2018, 21. 11. 2015 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Thermal_Design_Power

[15]

[16]

[17]

[18] KADLEC, Zdeněk. *Termomechanika: návody do cvičení*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1736-1.

[19]

[20]

[21]

[22]

[23]

[24]

[25] [26] Reynoldsovo číslo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Reynoldsovo_%C4%8D%C3%ADslo

[27] Místní tlakové ztráty . *iPotrubi.cz*. [online]. 5.2.2015 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.ipotrubi.cz/clanky/5.-hydrodynamicke-a-termodynamicke-vypocty/2.-vypocet-tlakovych-ztrat/3.-mistni-tlakové-ztraty.html>

[28]

[29]

Seznam obrázků

Obrázek 1: Ledové obklady [4].....	15
Obrázek 2: chladicí systém artic sun ® [6]	15
Obrázek 3: ELECTRI COOL II [7].....	16
Obrázek 4: HILOTHERM Clinic [8]	16
Obrázek 5: zařízení pro chlazení tkáně na principu termoelektrických článků [9].....	17
Obrázek 6: Blokové schéma technického procesu [10] Chyba! Záložka není definována.	
Obrázek 7: Návrh chladicí bandáže [1].....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 8: Funkční struktura chladicí bandáže [10]	24
Obrázek 9: Hierarchický funkční strom chladicí bandáže [10] Chyba! Záložka není definována.	
Obrázek 10: Funkční struktura řídicího boxu [10]...	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 11: Hierarchický funkční strom pro řídicí box [10] Chyba! Záložka není definována.	
Obrázek 12: návrh montované konstrukce č. 1	38
Obrázek 13: návrh montované konstrukce č. 2	38
Obrázek 14: návrh montované konstrukce č. 3	39
Obrázek 15: Tepelná bilance Peltierova článku [13] Chyba! Záložka není definována.	
Obrázek 16: Tepelná bilance primárního chladicího okruhu Chyba! Záložka není definována.	
Obrázek 17: Vodní chladič.....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 18: návrh chladicího prvku	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 19: 3D návrh chladicího okruhu bandáže ..	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 20: Popis prvků chladicího okruhu bandáže Chyba! Záložka není definována.	
Obrázek 21: 3D návrh chladicí bandáže – celkový pohled Chyba! Záložka není definována.	
Obrázek 22: 3D návrh chladicí bandáže – chladicí prvek s teplotním čidlem.....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 23: návrh umístění řídicího panelu	49
Obrázek 24: bezodkapová rychlospojka [21].....	Chyba! Záložka není definována.

Obrázek 25: napájecí konektor Peltierova článku [22], [23]**Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 26: konektor pro datový přenos od teplotního čidla [24], [25]**Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 27: Návrh rozmístění konektorů na řídicím boxu..... 50

Obrázek 28: Popis částí hydraulického okruhu..... **Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 29: Místní tlakové ztráty – značení hydraulického obvodu**Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 30: Volba součinitele místní ztráty pro náhlé zúžení [27]**Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 31: Určení tlakové ztráty chladiče [28] **Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 32: Určení tlakové ztráty bezodkapových rychlospojek [29]**Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 33: Čerpadlo [30] **Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 34: Chladicí set [32] **Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 35: 3D návrh umístění radiátoru pro chlazení vody**Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 36: Parametry zdroje [20] **Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 37: napájecí konektor zdroje [19] **Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 38: 3D návrh chladicí bandáže **Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 39: 3D návrh chladicí bandáže-vnitřní část**Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 40: 3D návrh řídicího boxu-spodní část..... **Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 41: 3D návrh řídicího boxu-horní část..... 69

Obrázek 42: 3D návrh řídicího boxu..... 69

Obrázek 43: Výroba neoprenové bandáže **Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 44: Popis fixačních prvků bandáže **Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 45: Chladicí prvek s teplotním čidlem..... **Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 46: Aplikace tepelně vodivé pasty **Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 47: Prototyp chladicí bandáže – celkový pohled**Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 48: Prototyp chladicí bandáže – vnější a vnitřní pohled**Chyba! Zálůžka není definována.**

Obrázek 49: Porovnání 3D návrhu a hotového výrobku spodní části..... 73

Obrázek 50: Porovnání 3D návrhu a hotového výrobku horní části 73

Obrázek 51: Porovnání 3D návrhu a hotového výrobku řídicího boxu 73

Obrázek 52: Řídicí box – přední a zadní pohled.....	74
Obrázek 53: Řídicí box – pohled z boku.....	74
Obrázek 54: Řídicí bok – pohled dovnitř (vlevo spodní část, vpravo horní část) Chyba! Záložka není definována.	
Obrázek 55: Zobrazení použití a připevnění chladicího zařízení Chyba! Záložka není definována.	
Obrázek 56: Boční pohled na chladicí bandáž	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 57: čelní pohled na chladicí bandáž	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 58: Kontrolní měření v laboratořích VŠB .	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 59: Graf znázorňující vliv tepelně vodivé pasty na vychlazení chladicího zařízení.....	78
Obrázek 60: Graf zobrazující průběh vychlazování zařízení na vzduchu a na kloubu .	79
Obrázek 61: Graf vychlazení zařízení na vzduchu na teplotu 0 °C, následné přiložení na kloub a opětovné vychlazení na 0°C.....	80
Obrázek 62: Graf zobrazující regulaci chladicího zařízení na teplotě 0 °C	81
Obrázek 63: Teplotní snímky vychlazeného zařízení (vlevo na vzduchu, vpravo připevněné na kolenním kloubu)	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 64: Teplotní snímky kolenního kloubu po použití chladicího zařízení (vlevo vnější strana, vpravo vnitřní)	82

Seznam tabulek

Tabulka 1: Morfologická matice pro chladicí bandáž [10] Chyba! Záložka není definována.	
Tabulka 2: Orgánová struktura pro chladicí bandáž [10] Chyba! Záložka není definována.	
Tabulka 3: hodnocení a výběr varianty chladicí bandáže Chyba! Záložka není definována.	
Tabulka 4: Morfologická matice pro řídicí box [10] Chyba! Záložka není definována.	
Tabulka 5: Orgánová struktura pro řídicí box [10] ..	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 6: hodnocení a výběr varianty řídicího boxu Chyba! Záložka není definována.	
Tabulka 7: Parametry Peltierova článku [11].....	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 8: Hodnoty metabolismu [12]	41
Tabulka 9: Vlastnosti chladicího prvku: [18].....	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 10: místní ztráty hydraulického okruhu	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 11: Technické specifikace čerpadla [30]....	Chyba! Záložka není definována.
Tabulka 12: Technické parametry chladicího zařízení Chyba! Záložka není definována.	

Seznam příloh

Název přílohy:

počet listů – formát listu

Příloha A – Grafy naměřených hodnot

4 – A4

Výkresová dokumentace:

Název:

Číslo výkresu

Formát listu

RIDICI BOX	JAN0456	A3
RIDICI BOX-spodní díl	JAN0456_01	A2
PROFIL 5_20x20_1N L=315	JAN0456_01_01	A4
PROFIL 5_20x20_1N L=310	JAN0456_01_02	A4
PLASTIC 4mm L=292 W=322_RAL 7030	JAN0456_01_03	A4
PROFIL 5_20x20_2N90 L=140	JAN0456_01_04	A4
PROFIL 5_20x20_L=315	JAN0456_01_05	A4
PROFIL 5_20x20_L=310	JAN0456_01_06	A4
Perforated Sheet Al 3mm	JAN0456_01_07	A4
PLASTIC 4mm_L152 W=292_RAL9017_ČELO	JAN0456_01_08	A4
PLASTIC 4mm_L=152 W=292_RAL9017_ZÁDA	JAN0456_01_09	A4
RIDICI BOX-vrchní díl	JAN0456_02	A2
Profile_5_20x20_L=310	JAN0456_02_01	A4
Profile_5_20x20_L=315	JAN0456_02_02	A4
Profile_5_20x20_1N L=315	JAN0456_02_03	A4
Profile_5_R20_40_45 L=315	JAN0456_02_04	A4

<i>Název:</i>	<i>Číslo výkresu</i>	<i>Formát listu</i>
Plastic_4mm_L=292 W=322_RAL7030	JAN0456_02_05	A4
Profile_5_20x20_2N90 L=100	JAN0456_02_06	A4
Profile_5_20x20_2N90 L=219,3	JAN0456_02_07	A4
Profile_5_20x20_2N90 L=90,7	JAN0456_02_08	A4
Profile_5_R20_90 L=315	JAN0456_02_09	A4
Plastic_4mm_L=280 W=100_RAL9017	JAN0456_02_10	A3
Plastic_4mm_L=280 W=90,7_RAL9017	JAN0456_02_11	A3
Plastic_4mm_L=280 W=219,3_RAL9017	JAN0456_02_12	A4
Plastic_4mm_L=310 W=90,7_RAL9017_LEVÝ	JAN0456_02_13	A3
Plastic_4mm_L=310 W=90,7_RAL9017_PRAVÝ	JAN0456_02_14	A3
CHLADICÍ PRVEK	JAN0456_03	A3
CHLADICÍ BANDÁŽ	JAN0456_04	A2
BANDÁŽ	JAN0456_04_01	A3
ŘÍDICÍ BOX_SESTAVA	JAN0456_05	A3
SEZNAM POLOŽEK	JAN0456_05_01	A4
CHLADICÍ ZAŘÍZENÍ	JAN0456_DP	A3